

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

In re Patent Application of)
:
Tatushi IGARASHI) Group Art Unit: Unknown
:
Application No.: New Application) Examiner: Unknown
:
Filed: February 8, 2001)
:
For: GAS LASER DEVICE)



CLAIM FOR CONVENTION PRIORITY

Commissioner for Patents
Washington, D.C. 20231

Sir:

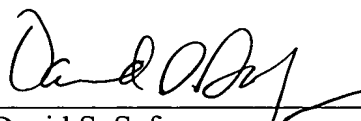
The benefit of the filing date of the following prior foreign application in the following foreign country is hereby requested, and the right of priority provided in 35 U.S.C. § 119 is hereby claimed:

<u>COUNTRY</u>	<u>APPLICATION NO.</u>	<u>MONTH/DAY/YEAR</u>
JAPAN	2000-03074	FEBRUARY 8, 2000

In support of this claim, enclosed is a certified copy of said prior foreign application. Said prior foreign application was referred to in the original oath or declaration. Acknowledgement of receipt of this certified copy is requested.

Respectfully submitted,

Dated: February 8, 2001

By: 
David S. Safran
Registration No. 27,997

NIXON PEABODY LLP
8180 Greensboro Drive, Suite 800
McLean, Virginia 22102
Telephone: (703) 790-9110

日 本 国 特 許 庁
PATENT OFFICE
JAPANESE GOVERNMENT



別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日
Date of Application:

2000年 2月 8日

出 願 番 号
Application Number:

特願2000-030748

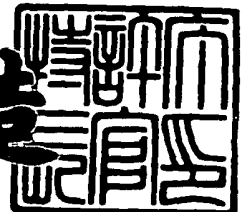
出 願 人
Applicant (s):

株式会社ウシオ総合技術研究所

2000年12月22日

特 許 庁 長 官
Commissioner,
Patent Office

及 川 耕 造



出証番号 出証特2000-3107343

【書類名】 特許願

【整理番号】 990223

【提出日】 平成12年 2月 8日

【あて先】 特許庁長官 殿

【国際特許分類】 H01S 3/00

【発明者】

 【住所又は居所】 静岡県御殿場市駒門1丁目90番地 株式会社ウシオ総合技術研究所内

 【氏名】 五十嵐 龍志

【特許出願人】

 【識別番号】 397060245

 【住所又は居所】 東京都港区芝1丁目11番11号

 【氏名又は名称】 株式会社ウシオ総合技術研究所

 【代表者】 田中 昭洋

 【電話番号】 03-3242-1814

【手数料の表示】

 【予納台帳番号】 091259

 【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

 【物件名】 明細書 1

 【物件名】 図面 1

 【物件名】 要約書 1

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 ガスレーザ装置

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

レーザガスが封入されるレーザチャンバーと、このチャンバー内に配置された所定間隔だけ離間して対向した一对の主放電電極と、このチャンバー内において、レーザガスを少なくとも主放電電極間を流れる循環流とするためのクロスフローファンと、このクロスフローファンを回転支持するベアリング構造とよりなり、繰り返し周波数が 4 k H z 以上のガスレーザ装置において、

前記クロスフローファンの直径は 1 5 0 m m 以下であって、周速度が 2 5 . 0 m / s 以上であること特徴とするガスレーザ装置。

【請求項 2】

前記クロスフローファンの周速度が 2 7 . 0 m / s 以上であることを特徴とする請求項 1 のガスレーザ装置。

【請求項 3】

前記ベアリング構造は転がりベアリングよりなり、回転数 4 5 0 0 r p m 以下であることを特徴とする請求項 1 のガスレーザ装置。

【請求項 4】

前記ベアリング構造は磁気ベアリングよりなり、回転数 5 0 0 0 r p m 以下であることを特徴とする請求項 1 のガスレーザ装置。

【発明の詳細な説明】

【0 0 0 1】

【発明の属する技術分野】

この発明はガスレーザ装置のガス循環用のクロスフローファンに関し、特に、A r F エキシマレーザ装置およびフッ素 (F_2) レーザ装置に使うクロスフローファンに関する。

【0 0 0 2】

【従来の技術】

半導体回路の微細化、高集積化につれ、投影露光装置においては解像力の向上

が要請されている。このため、光源から放出される露光光の短波長化が進められており、半導体リソグラフィ用光源としては、従来の水銀ランプの放射波長より短波長の光を放出するエキシマレーザ装置やフッ素レーザ装置等のガスレーザ装置の採用が始まっている。

【 0 0 0 3 】

エキシマレーザ装置について言えば、レーザチェンバ内部には、例えば、フッ素 (F_2) やアルゴン (Ar)、及びバッファガスとしてのネオン (Ne) 等の希ガスからなるレーザガスが数百 kPa で封入され、また、フッ素レーザ装置について言えばフッ素 (F_2) 及びバッファガスとしてヘリウム (He) 等の希ガスからなるレーザガスが同様に数百 kPa で封入されている。さらに、一对の主放電電極が設けられている。この主放電電極に高電圧パルス印加して放電を発生させることにより、レーザ媒質である上記レーザガスが励起される。

【 0 0 0 4 】

レーザチャンバの前後には、出力鏡とレーザ光のスペクトル幅を狭帯域化し、中心波長の波長安定化を実現するための狭帯域化光学系とが各々配置され、この出力鏡と狭帯域化光学系によってレーザ共振器が構成されている。そして、レーザガスが励起されるとチェンバから放出される光は、レーザ共振器により増幅されて、レーザ光として出力鏡より取り出される。

【 0 0 0 5 】

ここで、露光用光源としてのガスレーザ装置は、主放電電極間で1回の放電をするたびに1回の発光を行い、1回の放電を終了すると当該電極間はレーザ媒質が状態や密度という点からきわめて不均一な状態になってしまう。このため、次の放電を開始するためには、新たに新鮮なレーザ媒質を主放電電極間に配置させなければならない。つまり、上記のようなレーザ媒質の状態が不均一のままで放電を開始させると、アーク放電が生じ易くなり、レーザ発振に必要な均一なグロー放電を得ることができず、結果として出力の不安定という問題を生じる。

【 0 0 0 6 】

そして、近年、レーザ装置に要求されるレーザ発振の繰り返し数、すなわち、単位時間当たりの発振回数が高くなってきており、装置としても上記ガス交換を

より素早く行うだけの性能が要求される。

従来から、エキシマレーザ装置、フッ素レーザ装置等のガスレーザ装置のガス循環用ファンとしてはクロスフローファンが用いられてきた。これらの一例をあげると、繰り返し周波数 1 k H z である露光用エキシマレーザ装置では、レーザチャンバの内部構造（電極間距離、予備電離手段の位置等）にもよるが、電極間に流さなければならないガス流速は約 1 0 m / s であり、その流速を得るためのファンの回転数は 1 分当り約 1 0 0 0 回（r p m）であった。

また、繰り返し周波数が 2 ～ 3 k H z であるエキシマレーザ装置においては、電極間に流さなければならないガス流速は約 2 0 ～ 3 0 m / s であり、その流速を得るためのファンの回転数は約 2 0 0 0 ～ 3 0 0 0 r p m が必要とされていた。

【 0 0 0 7 】

このような従来装置は、要求される繰り返し周波数に対して、単純にファン回転数を上げるという手段で対応していたものである。ところが、最近は 4 k H z という、より高い周波数が要求され、単純に従来技術の延長として、ファン回転数を上げるというだけでは対応できなくなっている。

そして、このような要求に十分答えられる露光用のガスレーザ装置の開発が強く求められている。

【 0 0 0 8 】

【発明が解決しようとする課題】

この発明が解決しようとする課題は、4 k H z 以上という従来にない高い繰り返し周波数が要求されるガスレーザ装置においても安定した発振を可能にする構造を提供することである。

【 0 0 0 9 】

【課題を解決するための手段】

上記課題を解決するために、この発明のガスレーザ装置は、レーザガスが封入されるレーザチャンバーと、このチャンバー内に配置された一対の主放電電極と、このチャンバー内において、レーザガスを少なくとも主放電電極間を流れる循環流とするためのクロスフローファンと、このクロスフローファンを回転支持す

るベアリング構造とよりなり、繰り返し周波数が4 k H z 以上のエキシマレーザ装置において、前記クロスフローファンの直径は1 5 0 m m以下であって、周速度が2 5 . 0 m / s 以上であること特徴とする。

さらに、上記周速度は好ましくは2 7 . 0 m / s 以上であることを特徴とする。

さらに、前記ベアリング構造は転がりベアリングよりなり、回転数が4 5 0 0 r p m以下であることを特徴とし、前記ベアリング構造が磁気ベアリングよりなる場合は回転数が5 0 0 0 r p m以下であることを特徴とする。

【0 0 1 0】

前記したように、高い繰り返し周波数において安定なレーザ発振を行うためには、1 回の放電が終了したら電極に残存する古いガスを素早く電極外で追い出し、素早く新しいガスを電極間に配置させる能力が必要になる。

この能力を上げる方法の一つとして、電極幅（ガスを循環させる方向における幅）を狭くするということが考えられる。電極幅を短くすることは、結局、電極間に生じるグロー放電の放電幅を狭くすることであるが、この場合は残存ガスを流し出す距離が短くなるので、その分高繰り返しが可能になるからである。しかしながら、グロー放電の幅は、光源として必要な光出力、寿命によってもともと制約を受けるものであり、半導体集積回路の露光装置の光源の場合はむやみに短くすることはできない。この数値は一般的には3 ~ 4 m mが下限であると言われている。

【0 0 1 1】

もう一つの方法は電極間のガス循環速度（風速）を上げるということである。この技術と関連するものに特開平1 1 - 2 2 3 9 5 5 号に開示されるものがある。そこには、放電領域を迂回するガス量を極力抑え、ガス循環流路中に流れを妨げる物質を極力排除し、ガスの不所望な乱れを無くしてスムーズな流れを作ることが提案されている。このような技術はもちろん必要ではあるが、流速を落とす原因を排除するというものであって、積極的に流速を上げるというものではない。そして、当該技術は1 k H z 程度を対象にしたものであって、本発明の対象である4 k H z 以上という高繰り返しにあっては、流速そのものを上げるという新

たな技術が必要になってくる。

【 0 0 1 2 】

そこで、循環ガスの流速を積極的に上げる方法として考えられるのがクロスフローファン（横流ファン）の特性を向上させることである。このクロスフローファンは、通常、室内の空気調和器（エアコン）などのようにオープンエアに対して使われるものであり、本発明が対象とするエキシマレーザ装置等のガスレーザ装置のように高圧力の密閉容器において、ガス流速をあげるという特性の研究は十分になされていない。

本発明は、高圧力の密閉容器というエキシマレーザ装置、及びフッ素レーザ装置等のガスレーザ装置の特有の環境において、高繰り返し 4 k H z 以上という条件に答えられるだけのファン特性を見出したものであり、具体的にはファンの直径と回転数の関係を鋭意検討のうえ見出したものである。

【 0 0 1 3 】

【発明の実施の形態】

図 1 はエキシマレーザ装置の断面図を示す。レーザチャンバ 1 は全体としてハウジングとなっており、その中に陽極と陰極からなる主放電電極 2 が間隔をもって配置される。この主放電電極 2 においてグロー放電が繰り返し行われ、図示略の窓部からレーザ光が出力される。

また、チャンバ 1 の中にはクロスフローファン 3 が配置される。このクロスフローファンは円形の側版の間に複数のブレードを円周方向に配した中空の円筒形状をしており、主放電電極 2 の伸びる方向にほぼ同じ長さだけ同様に伸びている。そして、図において時計方向にファンが回転することで図において矢印で示す方向にガスが循環する。このクロスフローファンは図示略のベアリング構造、特にには転がりベアリングにより回転支持される。

【 0 0 1 4 】

レーザチャンバ 1 の内部には、フッ素 (F_2)、アルゴンガス ($A r$) およびバッファーガスとしてネオン ($N e$) などが封入されている。これらのガスがファン 3 によって循環するわけであるが、主放電電極 2 において当該電極に高電圧パルスが印加されるとこれらのガスは励起して放電発光を行い、次の高電圧パル

スの印加に伴う放電発光までに新しいガスが循環によって再び電極間にセッティングされる。

【0015】

4は予備電離部であって主放電電極2に高電圧パルスが印加される前に電極間にセッティングされた新しいレーザガスに対して紫外線を照射するものであり、この紫外線照射によって前記新しいレーザガスを予め予備電離をさせておき、これらによって主放電が起こると細長い電極において均一にグロー放電が発生する。

【0016】

次に、このチャンバー1において、クロスフローファン3の外径を変えることで主放電電極2に生じる放電の安定性を実験してみた。実験は外径が95、100、110、120、130、140、150（mm）の7つのクロスフローファンに対して、下流アークが発生しないぎりぎりのファンの回転数と、極めて安定な放電をしたときのファンの回転数を各々測定した。

ここで下流アークとは、電極間で放電が発生した後に残留ガスが十分に電極間から排出されない場合に、次の放電において電極の下流側（ガスの循環方向に対して）で残留ガスの影響で生じるレーザ発振によって不所望な放電をいう。

そして、下流アークが発生しないぎりぎりのファンの回転数と、そのときのファン外径から周速度（図1における30を表し、周縁における接線方向の速度）を算出し、同じく安定放電をしたときのファンの回転数と、そのときのファン外径から周速度を算出した。図2にこの実験の結果を示す。

【0017】

なお、クロスフローファンの外径はむやみに大きくすることはできない。4kHzのエキシマレーザ装置は半導体製造プロセス用のクリーンルームに設置されるゆえ、設置面積が著しく制限させるからである。そして、レーザチャンバーの容量等から規制されてファン外径は最大でも150mmというのが限界とされている。また、放電幅も4kHzエキシマレーザ装置の必要出力、出力の安定度、寿命等の観点から3～4mmに制限されており、さらには電極間距離も同様の理由より15～17mmに制限されてしまう。本発明はこのような4kHzエキシマレーザ装置として要求される条件の範囲においてファンの回転数とファン外径

の関係を検討したものである。

図 2 に示す実験結果とその結果より算出した周速度により、この周速度が 2 5 . 0 m / s 以上が下流アークとの関係で最低限必要であって、安定な放電を維持するためには 2 7 . 0 m / s 以上が必要であることがわかる。すなわち、本発明は、エキシマレーザ装置の現実的な適用範囲において、安定なグロー放電という観点からファンの外径と回転速度の関係を周速度というファクタで規定し、この数値範囲を最低 2 5 . 0 m / s としたものである。

【 0 0 1 8 】

次に、ファンの最大回転数（1 分間あたり）について検討した。ファン回転数を上げると前述のようにガス流速を上げることができるので高繰返しに対応が可能となる。しかしながら、回転数が必要以上に大きくなりすぎるとファンによる振動が大きくなり、前述のようにレーザ光の線幅を狭めるための狭帯域化ユニットの振動が大きくなり、結果として波長安定度が悪化してしまう。また、チャンバ内部の封入ガスを循環させるために、ガス純度との関係で回転ファンの駆動用にベアリング構造を採用するのが一般的である。しかし、このベアリングも回転数が上がると良好に作動しなくなる。

このような原因に着目して、本発明は第 2 にレーザ光の波長安定度、ベアリングの作動性という観点からファンの最大回転数を検討した。

【 0 0 1 9 】

まず、レーザ光の波長安定性について、ファンの 1 分あたりの回転数を 3 0 0 0、3 3 0 0、3 7 0 0、3 9 0 0、4 2 0 0、4 5 0 0、4 8 0 0 r p m と変化させて、各々の回転数で発振されるレーザ光の波長を測定し、その実験結果を図 3 に示す。縦軸はレーザ光の波長安定度、すなわち求められる発振波長からの波長の最大のズレを示し、横軸はファン回転数を示す。なお、この実験でのファンは転がりベアリングにより回転支持されたものである。図よりファン回転数、すなわち回転速度の増大により、波長のズレが大きくない振動が発生したことが原因であると考えられる。ここで、露光装置の特性としては波長安定度 0 . 1 p m 以下にすることが要請され、すなわち、0 . 1 p m を越えると問題があることを意味する。

このような観点から、具体的に検討すると、ファン回転数が4800rpmのときは波長安定度が0.1pmを越えており、ファン回転数が4500rpmまで波長を安定させて作動できることが理解できる。なお、実験はファン外径95～150mmのものについて行い、すべてにおいてほぼ同様の結果を得ている。

【0020】

次に、ベアリング構造の観点から検討する。

まず、ベアリング構造として転がりベアリングを使った場合のファン回転数とベアリング寿命について検討した。そして、ファン回転数4500rpmの場合は、1回の放電を1パルスとすれば、 5×10^9 パルスまで良好な作動を維持することができたが、回転数4800rpm以上では 2×10^9 パルス以下の回転数でしか良好な作動をすることができなかった。これは、転がりベアリングのグリス量の消耗量が多くなったためであり、 2×10^9 パルスでは半導体工程では受け入れられない。

以上の結果より、転がりベアリングを使ったクロスフローファンの最大回転数は、少なくとも4500rpmまでは許容できることが示される。

【0021】

なお、転がりベアリングは、ジルコニア、窒化珪素、アルミナ等のセラミックスより構成するが好ましい。これは、フッ素と反応しないことと放電の結果生ずる粒子（パーティクル）がベアリングの内部に混入してきたとしても、材料自身が硬いので摩耗することが少ないからである。このため、前記の寿命実験に示したようにグリス量が消耗したとしてもより一層摩耗に耐えることが可能となす。

【0022】

次に、ベアリング構造として、転がりベアリングではなく、磁気ベアリングを用いた場合について説明する。上記図3に示したファン回転数（rpm）と波長安定度に関する実験をベアリング構造についてのみ、転がりベアリングではなく磁気ベアリングを使って、回転数を3100、3400、3700、4000、4350、4600、5000rpm、および5000rpmを越える回転数と変化させた。

なお、ここでいう磁気ベアリングとは、ファンの回転軸が軸受けから磁気によ

って浮上されており非接触な構造を意味している。実験結果を図4に示す。

図4より、ファンの1分当りの回転数を5000rpmまで上昇させても、波長安定度は0.06pmと極めて高い安定度を示していることがわかる。これは、転がりベアリングを使う場合に比較して、磁気ベアリングを使用すると回転軸が軸受けと非接触になるため振動という影響を及ぼさないからと考えられる。しかしながら、回転数が5000rpmを越えると、回転軸と軸受けの接触を生じてしまい、波長安定という点から問題を発生させてしまう。

また、磁気ベアリングは転がりベアリングのようにグリスを必要としないので、寿命の点からも5000rpmまでは 5×10^9 パルス以上を使用できることを確認している。

つまり、ベアリング構造として磁気ベアリングを採用すると、レーザ光の波長安定性、寿命という点を考慮しても、最大回転数5000rpmまで可能であることが理解できる。

【0023】

以上説明したように、本発明のガスレーザ装置は、ファン外径が150mm以下であり、ファンの周速度が25m/s以上としたので、4kHz以上という高繰り返し条件に十分耐えられるだけのレーザ装置を提供することができた。特に、従来、空気調和器（エアコン）などのオープンエアに対して使われていたクロスフローファンに対して高圧力密閉容器というガスレーザ特有の環境において適用できるだけの性能を改めて見出し、その性能を利用することで従来不可能と言われていた4kHz以上高繰り返しという条件に適合させたものである。

なお、実施例の説明はすべてArFエキシマレーザ装置を対象に説明したが、フッ素レーザ装置についても同様のことが適用できる。

【図面の簡単な説明】

【図1】

エキシマレーザ装置の概略内部構造を示す。

【図2】

ファン外径とファン回転数の関係を示す。

【図3】

転がりベアリングを使った場合のファン回転数と波長安定度を示す。

【図 4】

磁気ベアリングを使った場合のファン回転数と波長安定度を示す。

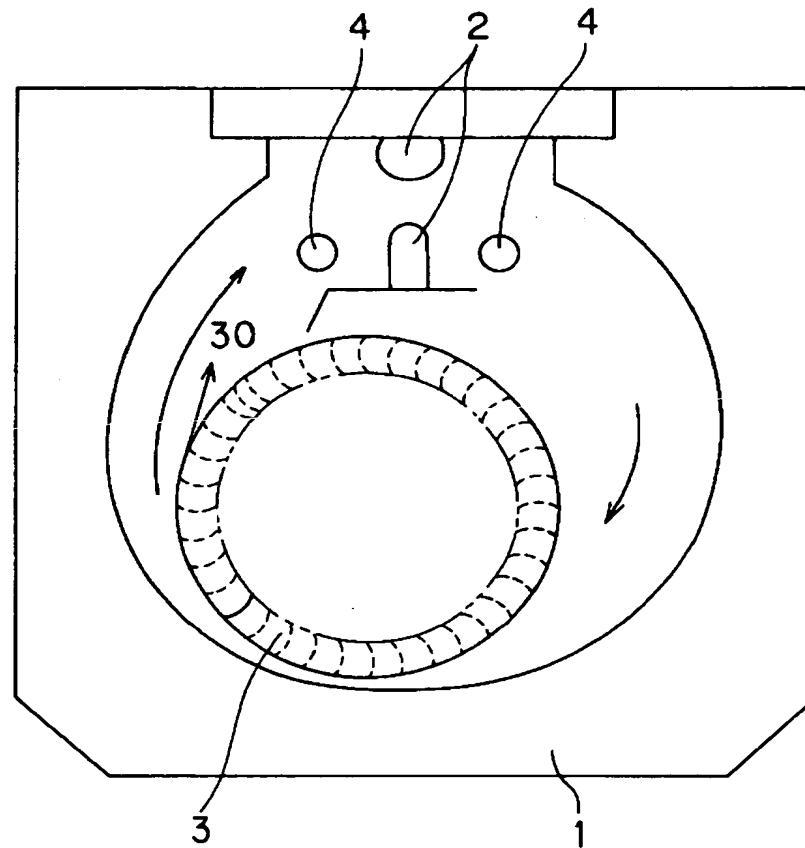
【符号の説明】

- 1 レーザチャンバ
- 2 放電電極
- 3 クロスフローファン
- 4 予備電離部

【書類名】

図面

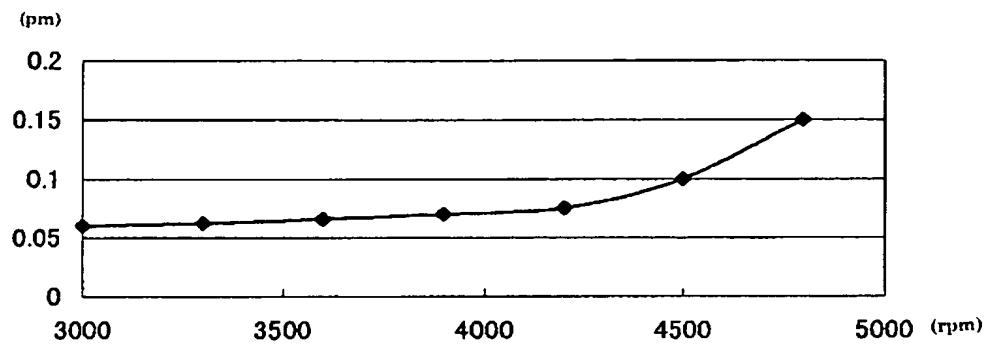
【図 1】



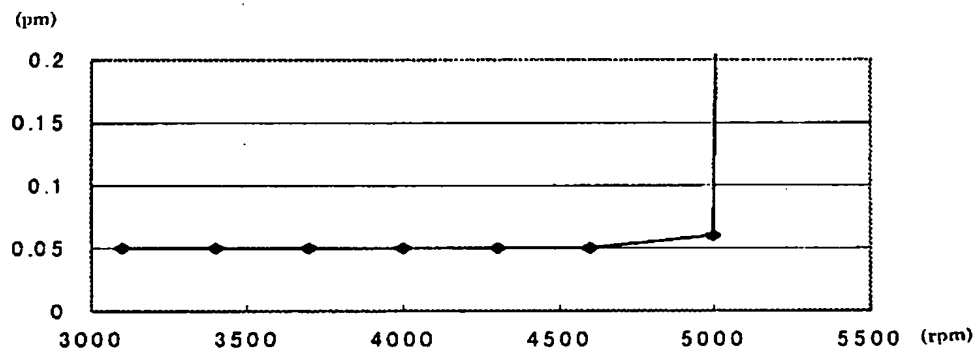
【図 2】

ファンの直径(mm)	95	100	110	120	130	140	150
下流アークが発生しない最低回転数	5050	4800	4340	4000	3700	3410	3200
下流アークが発生しない最低周速度 (m/s)	25.1	25.1	25.0	25.1	25.2	25.0	25.1
安定放電時の最低回転数(rpm)	5450	5150	4700	4300	4000	3700	3450
安定放電時の最低周速度(m/s)	27.1	27.0	27.1	27.0	27.2	27.1	27.1

【図 3】



【図 4】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 4 k H z 以上という従来にない高い繰り返し周波数においても安定した発振を可能にするエキシマレーザ装置を提供することである。

【解決手段】 レーザガスが封入されるレーザチャンバー（１）と、このチャンバー（１）内に配置された一对の主放電電極（２）と、このチャンバー（１）内において、レーザガスを少なくとも主放電電極間（２）を流れる循環流をするためのクロスフローファン（３）よりなり、繰り返し周波数が 4 k H z 以上のエキシマレーザ装置において、前記クロスフローファン（３）の直径は 1 5 0 m m 以下であり、周速度が 2 5 . 0 m / s 以上であること特徴とする。

【選択図】 図 1

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [397060245]

1. 変更年月日 1997年10月 2日
[変更理由] 新規登録
住 所 東京都港区芝1丁目11番11号
氏 名 株式会社ウシオ総合技術研究所
2. 変更年月日 2000年10月 4日
[変更理由] 住所変更
住 所 静岡県御殿場市駒門1丁目90番地
氏 名 株式会社ウシオ総合技術研究所